

## Підвищення ефективності металообробного обладнання удосконаленням приводів

У статті пропонується підвищити ефективність металообробного обладнання за рахунок застосування приводів з можливістю перерозподілу або управління навантаженням.

**металообробне обладнання, привід, перерозподіл навантаження, управління навантаженням**

Для сучасної ринкової економіки характерна боротьба виробників за ринки збуту, це стосується і підприємств, які займаються виробництвом металообробного обладнання (МО). Успіх в цій боротьбі гарантує тільки виробництво сучасного високоефективного обладнання, що пояснює прагнення підприємств постійно займатися підвищенням ефективності МО. При цьому під ефективністю МО, як правило, розуміють на ряду з розширенням технологічних можливостей – виконання необхідних технологічних операцій з мінімальними витратами і максимальною швидкістю.

Підвищення ефективності сучасного МО здійснюється шляхом забезпечення надшвидкісних режимів обробки [1], розширенням технологічних можливостей [2] і т.п. Проте вказані методи, підвищуючи вихідні характеристики МО, одночасно приводять до підвищення його вартості, за рахунок ускладнення приводу, надмірних потужностей приводу, дорогого інструменту необхідного для забезпечення надшвидкісних режимів обробки. Таким чином, резерв підвищення ефективності МО полягає у вдосконаленні приводів МО.

Сили різання, що виникають в процесі обробки, разом з силами опору переміщенню виконавчих органів МО, створюють навантаження на приводи механізмів руху формоутворення. Вплив такого навантаження на різні приводи неоднаковий. При збільшенні навантаження на привід подачі, знижується точність обробки [3].

Задача полягає в тому, щоб при заданих режимах і умовах обробки створити такі навантаження виконавчих органів і кінематичних ланцюгів приводу, які відповідають підвищенню точності.

Рішення цієї задачі можливо шляхом перерозподілу навантаження між приводом головного руху і приводом подачі. Структурна схема приводу, що дає можливість перерозподілу навантаження показана у вигляді графа на рис. 1.

На схемі позначені  $M$  – двигун,  $ПМ$  – передаточний механізм, що включає ланку настройки.  $MV$  – механізм управління потоками потужності і навантаження.  $1, 2, 3...n$  – виконавчі органи приводу верстата.  $y_1, y_2, y_3...y_n$  – збурюючі дії, що впливають, на виконавчі органи приводу.  $P_1, P_2, P_3...P_n$  – технологічне навантаження на виконавчі органи приводу.  $S_1, S_2, S_3...S_n$  – параметри процесу обробки, подача. На основі схеми (рис. 1) можна проектувати приводи МО як традиційної структури так і з перерозподілом навантаження.

Умови перерозподілу навантаження приводів [4] і схема (рис. 1) послужили основою для розробки алгоритму (рис. 2) проектування сучасного МО. Для забезпечення функціонування приводів МО, спроектованих з перерозподілом навантаження, доцільно використовувати системи автоматичного і адаптивного управління [5].

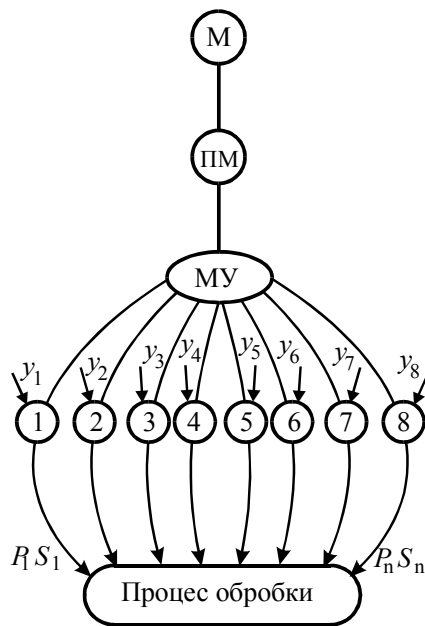


Рисунок 1 – Універсальна структурна схема приводів МО



Рисунок 2 – Алгоритм проектування приводу МО

Типові схеми структурної основи приводу на базі яких відповідно до алгоритму (рис. 2) розробляються адаптивні схеми і елементи автоматичного регулювання процесів обробки приведені в таблиці 1. На схемах позначені  $M_1$ ,  $M_2$  – двигуни;  $MU$  – механізм управління потоками потужності і навантаження;  $Y$  – управляючий пристрій;  $\Pi$  – програмний пристрій;  $i_v$ ,  $i_s$  – передаточні механізми приводу головного руху і подачі, що включаються у ланки настройки і регулювання швидкості;  $O \rightarrow \Pi$  – механізм перетворення руху, обертового в поступальний;  $M$ ,  $V$ ,  $P$ ,  $S$  – параметри технологічного навантаження і режимів;  $B$  – виконавчий орган приводу подачі; ПП – порівнюючий пристрій.

Таблиця 1 – Типові схеми приводів металообробного обладнання

	Традиційна структура	Нова структура
	1	2
1		
2		
3		

Відповідно до алгоритму (див. рис. 3) на основі типових схем (табл. 1) розроблені схеми приводів, що дозволяють підвищити ефективність спроектованого на їх основі МО.

Схема 1.1 є традиційною системою адаптивного управління подачею у функції контрольованого параметра (навантаження або пружної деформації) дозволяє зміною подачі стабілізувати контрольований параметр точності.

Схема 1.2 розроблена на основі механізму управління потоками потужності і порівняно з попередньою схемою (1.1) дозволяє понизити навантаження в приводі подачі до оптимального по точності рівня і на цьому рівні її стабілізувати.

Схема 2.1 є типовою системою адаптивного управління величиною подачі у функції технологічного навантаження приводу з ЧПУ.

Схема 2.2 також є системою адаптивного управління подачею у функції контрольованого параметра точності, але вищого рівня.

Схема 3.1 є типовою в системі приводу із змінною структурою.

Схема 3.2 – схема приводу із змінною структурою, створена на новій структурній основі.

На рис. 3 приведена схема системи автоматичного регулювання, що забезпечує адаптивне управління величиною швидкості подачі у функції контрольованого параметра навантаження.

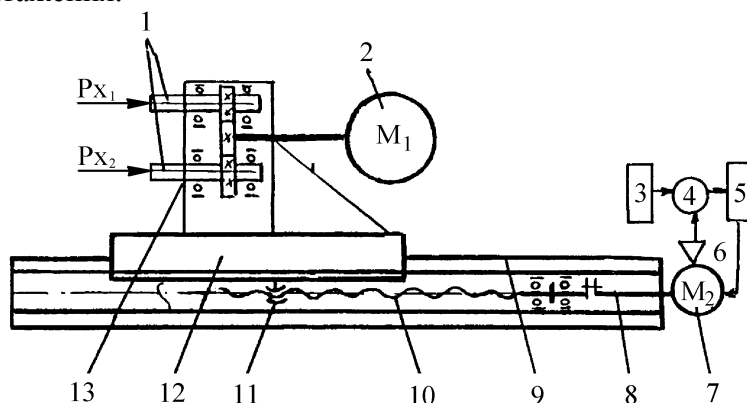


Рисунок 3 – Привід подачі з адаптивним управлінням швидкістю подачі у функції осьової сили

В процесі обробки електродвигун 2 забезпечує обертання шпинделів 1 коробки 13, встановленої на силовому столі 12. Штат 12 переміщується по напрямних 9 станини за допомогою двигуна 7, валу 8 і гвинтової передачі 10-11. Таким чином двигун 7 забезпечує повний цикл зворотно-поступальних рухів, які включають холості і робочі переміщення шпиндельної коробки.

Датчик 6 контролює навантаження двигуна 7 і за допомогою порівняльного 4, програмного 3 і управляючого 5 пристроїв змінює частоту обертання двигуна 7. Система автоматичного управління локалізована в двигуні 7 та дозволяє здійснювати адаптивне управління швидкістю поступального руху на протязі всього циклу.

На рис. 4 показана схема приводу подачі пінолі з системою адаптивного управління швидкістю подачі у функції навантаження приводу, яка локалізована в двигуні подачі, працюючого в режимі підсилювача потужності.

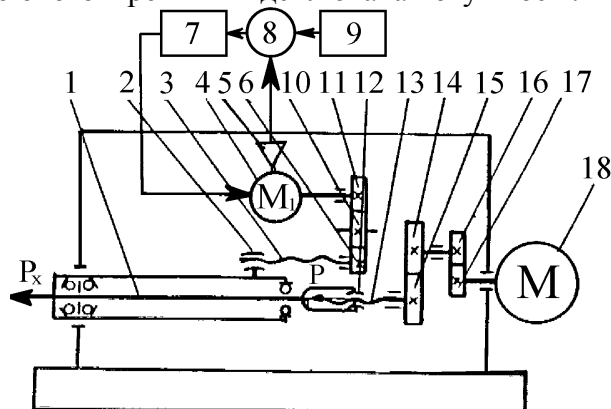


Рисунок 4 – Привід подачі пінолі з адаптивним управлінням швидкістю подачі

Від електродвигуна 18 через зубчаті передачі 17-16 і 14-15 обертовий рух передається гвинту 13 зв'язаний з гайкою 12 шпинделя 1. Рух подачі піноль з

шпинделем 1 отримує від електродвигуна 4 через зубчаті передачі 11-10-6 і гвинтову пару 3-2.

В процесі обробки в несамогальмівній гвинтовій передачі 13-12 виникає осьова сила  $P$  що частково розвантажує привід подачі. Датчик 5 контролює навантаження двигуна 4 і за допомогою порівняльного 8, програмного 9 і управляючого 7 пристроїв змінює швидкість поступального руху пінолі з шпинделем, здійснюючи тим самим адаптивне управління швидкістю подачі у функції навантаження.

На рис. 5 показана схема приводу подачі поперечних супортів токарного багатошпіндельного автомата з адаптивним управлінням швидкістю подачі. В процесі обробки заготовок встановлених у патронах на шпинделях 1 поворотного блоку 2 різці, встановлені на супортах 11-14-17, через підтискаючі до кулачків 10-13 пружинами 12-15-16 роликові штовхачі, здійснюють рух подачі.

Датчик 5 контролює навантаження двигуна 4 і через порівняльний 7, програмний 8 і управляючий 6 пристрої змінює швидкість обертання черв'ячної передачі 3 і блоку 2, утримуючого кулачки 10-13.

Установка кулачків на кільці блоку 2 підвищує жорсткість і врівноважує поперечні сили супортів 11-14-17, що також знижує пружну деформацію технологічної верстатної системи і підвищує точність обробки.

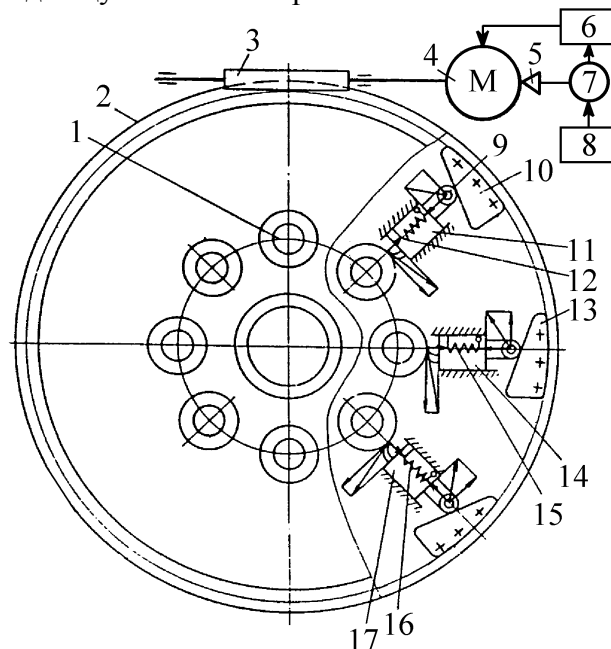


Рисунок 5 – Привід подачі поперечних супортів токарного багатошпіндельного автомата

На рис. 6 показана схема приводу силової головки з системою адаптивного управління режимами роботи у функції навантаження. Від електродвигуна 13 через шліцьове з'єднання обертовий рух передається шпинделю 6. Одночасно через черв'ячну передачу 1-12, муфту 2, вал 11, змінні колеса 10-9, вал 3, черв'ячну передачу 4-8 обертовий рух отримує піноль 5, на зовнішній поверхні якої виконаний профіль, сполучений з нерухомим роликовим штовхачем 7. Таким чином профіль кулачка забезпечує повний цикл зворотно-поступальних рухів за один оберт пінолі 5.

В процесі роботи головки датчик 14 контролює навантаження двигуна 13 і в разі її перевищення за допомогою порівняльного 15, програмного 16 і управляючого 17 пристроїв здійснює регулювання в наступній послідовності: спочатку знижує частоту обертання двигуна 13, а якщо цього недостатньо управлінням муфтою 2 знижує швидкість поступального руху подачі.

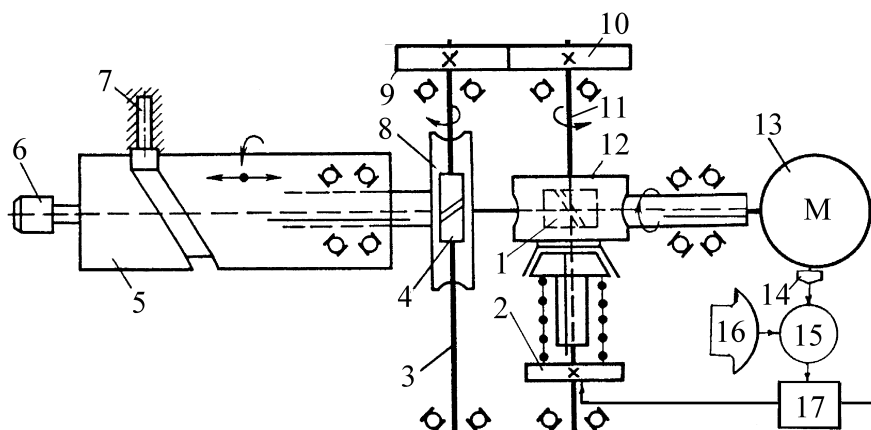


Рисунок 6 – Привід силової головки з адаптивним управлінням режимами у функції навантаження

На рис. 7 показана схема приводу поступального руху силового столу з системою автоматичного регулювання, що забезпечує зниження втрат і підвищення ККД. Привід працює в режимі механічного підсилювача потужності і здійснює регулювання швидкості у функції технологічного навантаження.

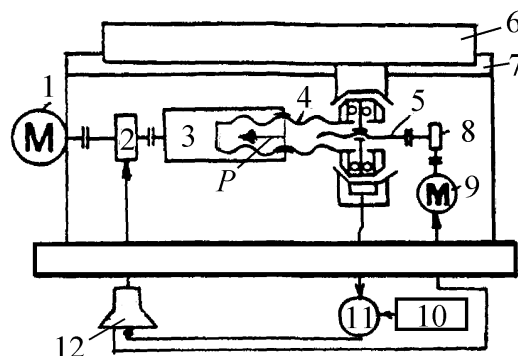


Рисунок 7 – Привід поступального руху силового столу

Від електродвигуна 1 через муфту 2, гвинтову несамогальмівну передачу 3-4 обертовий рух передається гвинту з опорою пов'язаної з платформою 6, переміщуваної по напрямних станинах 7. Від електродвигуна 9 через передаточний механізм 8, що включає ланку настройки і гвинтову самогальмівну передачу 5 поступальний рух надається опорі гвинта 4. Замикання фрикційної опори гвинта 4 викликає крутний момент навантаження, в гвинтовій передачі і осьову силу  $P$ , яка переміщує платформу 6. Цей рух відбуватиметься доти поки фрикційна опора гвинта замкнута. Таким чином механізм управління відстежуватиме програму рухів управляючого двигуна 9.

В процесі обробки датчик контролює навантаження в опорі гвинта і через порівняльний 11, програмний 10 і управляючий 12 пристрої управляє муфтою 2 і двигуном 9 забезпечуючи адаптивне управління швидкістю у функції навантаження при загальному зниженні втрат на режим ковзання муфти 2.

На рис. 8 показана схема автоматичної системи що дозволяє спростити і підвищити надійність захисту приводу від перевантаження. У приводі формоутворення відсутній традиційний механізм подачі, а його функції виконує шпіндельний вузол, в поєднанні з механізмом підведення ЗОР.

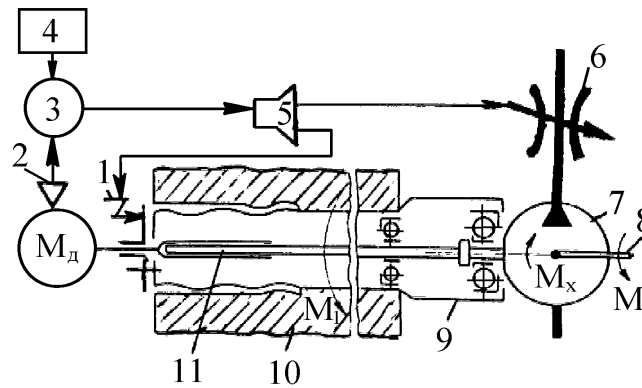


Рисунок 8 – Схема спрощеного приводу подачі з підвищеною надійністю захисту від перевантаження

Від електродвигуна  $M_d$  через шліцьове з'єднання 11 одержує обертання шпиндель 8 з інструментом. На шпинделі встановлений насос 7 ЗОР, а в каналі підведення встановлений дросель 6. Шпиндель встановлений на підшипниках в пінолі 9, а піноль гвинтовою передачею з'єднана з корпусом 10. Піноль з приводним валом може з'єднуватися муфтою 1.

В процесі обробки датчик 2 контролює навантаження двигуна і через порівняльний 3, програмний 4 і управляючий 5 пристрої здійснює регулювання муфти 1 і дроселя 6. Таким чином автоматична система використовує момент тертя в підшипниках шпинделя, момент навантаження насоса 7 і момент у муфті 1 як рушійний момент, який вигвинчує піноль 9 з корпусу 10, здійснюючи тим самим рух подачі і прискорених переміщень. Таким чином автоматична система здійснює повний цикл зворотно-поступального руху шпинделя і не допускає перевантаження. Відведення шпинделя здійснюється реверсом двигуна.

Висновки. 1. Постійна боротьба за ринки збуту вимушує машинобудівні підприємства постійно підвищувати вихідні параметри МО. 2. Як правило, підвищення вихідних характеристик МО відбувається з одночасним збільшенням його вартості. Це відбувається внаслідок ускладнення приводів МО для забезпечення виконання набору необхідних технологічних операцій і надшвидкісних режимів обробки. 3. Підвищити ефективність МО з одночасним зниженням вартості, можливо на основі перерозподілу навантаження і управління потоками потужності. 4. Забезпечити ефективне управління такими приводами МО дозволяють системи автоматичного і адаптивного управління.

## Список літератури

1. Милаев О. Н. Сверхскоростное резание металлов // Санкт-Петербург ОАО «Издательство «Политехника» ж-л Металлообработка № 1/2001.– 48 с.
2. Технология машиностроения в 2-х т.: Учебник.– 2-е изд.– стереотип.– М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, Т:2 Производство машин/ В.М. Бурцев, А.С. Васильев, О.М. Деев.– 2001.– 640 с.
3. Пестунов В.М. Основы теории привода с перераспределенной нагрузкой металлорежущих станков: Автореферат дис. д-ра техн. наук: 05.03.01 / МВТУ им. Н.Э. Баумана.– М., 1983.– 32 с.
4. Пестунов В.М., Кариков Е.А. Повышение точности и производительности металлорежущих станков.– К.: Техника, 1979.– 96 с.
5. Петраков Ю.В. Теорія автоматичного управління в металообробці: Навч. посібник.– К.: ІЗМН, 1999.– 212 с.

В статье предлагается повысить эффективность металлообрабатывающего оборудования за счет применения приводов с возможностью перераспределения или управления нагрузкой.

In the article it is suggested to promote efficiency of metal-working equipment due application of drives with loading redistribution or management.